

数字孪生技术赋能继续教育智能制造泛在化实训教学模式研究与实践

刘永刚,姚立权,王晓雷

(辽宁开放大学/辽宁装备制造职业技术学院,辽宁沈阳 110034)

[摘要]随着智能制造技术的转型升级,继续教育实训教学长期面临工学矛盾突出、实训资源匮乏等现实问题,存在着“高投入、高损耗、高风险,实施难、观摩难、再现难”的“三高三难”问题。为解决继续教育智能制造实训教学痛点问题,基于数字孪生技术构建物理实体虚拟模型,实现数据映射、实时交互、双向反馈,构建“五维一体”泛在化实训教学的技术架构。提出了虚实共生、两地协同、泛在可及的教学模式,设计认知引入、虚拟训练、虚实衔接、岗位应用四个阶段递进式教学模式。研究结果表明,数字孪生技术赋能继续教育智能制造实训教学,实现教学模式从“定时定点”到“泛在可及”的转型,为继续教育智能制造技能人才持续培养及继续教育数字化转型提供了理论指导和路径方向。

[关键词]数字孪生技术;继续教育;智能制造;泛在化实训

[中图分类号] G724; G434

[文献标识码] A

[文章编号] 2096-711X(2026)19-0076-03

doi:10.3969/j.issn.2096-711X.2026.19.026

[本刊网址] <http://www.hbxb.net>

随着制造业数字化、智能化转型加快,对技术技能人才的复合需求,不仅要具有传统制造工艺技能,还要具有数字化思维、智能装备操作和产线协同应用的复合型技能人才。装备制造数字化转型,对技能人才的知识更新、技能提升提出了迫切要求,也是继续教育人才培养模式面临的严峻挑战。

继续教育是实现终身学习,促进人力资源开发的关键环节。但目前智能制造的实训教学环节难以满足企业对人才需求和产业发展的需要。一方面,在职人员完全脱产培训的成本高,工学矛盾是智能制造实训学习的瓶颈;另一方面,智能制造的实训设备昂贵,涉及成本高、风险大、资源稀缺等问题,并且传统实训模式与学员的岗位需求差异很大。数字孪生技术可以综合应用感知、计算、建模、物联网等技术,实现物理实体和虚拟设备的映射和信号交互,是破解继续教育智能制造实训教学难题的现实途径。

目前国内多所院校已开展数字孪生赋能实训教学的探索,但是现有的研究多聚焦于全日制学历教育,针对继续教育领域的应用研究相对不足。继续教育的学员存在来源分散,学习时间零散,技能基础较差,岗位需求多元化等的特征,因此对实训教学的泛在化、灵活性、个性化提出了更高的要求。本文以继续教育需求为研究背景,研究数字孪生技术在智能制造实训教学中的实践路径,构建在职学员的泛在化实训教学模式,为智能制造领域技术技能人才培养提供理论基础和实践模式,助力产业转型升级。

一、继续教育智能制造实训教学的现实困境

(一)时空双重约束,工学矛盾凸显

继续教育智能制造实训的学员主要是企业在职技术工人,传统的定时定点、集中面授的实训模式与实际生产工作

产生根本性冲突。在生产任务繁重,排班密集的情况下,一线工人脱产参加实训将会增加企业生产成本,并且学员自身也会面临收入损失等问题,导致实训参与度低。

从时间维度上看,在职学员学习时间主要是工间休息、通勤、下班零散等时间段,而传统智能制造实训需要连续数小时实训操作,与学员学习时间存在矛盾。从空间维度上看,学员主要分布在不同企业,集中前往高校或者实训基地参加实训需要花费大量时间、交通以及住宿成本,降低了参加实训的可能性。时空约束下的工学矛盾是制约继续教育智能制造实训教学的主要因素。

(二)实训资源稀缺,成本风险双高

智能制造实训依赖高端智能装备,如数控机床、工业机器人、智能产线等设备,一条完整智能产线投资达数千万元,继续教育机构难以大规模配置,形成资源供给不足的硬性约束。同时,智能制造精密加工过程具有不可逆性,操作失误导致设备损坏、产品报废,甚至引发安全事故。若让学员直接在企业生产线上开展实训,将面临产品合格率下降、设备损耗加大、生产安全风险提升等问题,企业对此接受程度低。

有些企业虽然有大量的制造设备,但是这些设备多用于生产,不能满足新学员的教学培训需求。同时产业技术更新换代迅速,继续教育机构购买与产业同步的设备,会面临高昂的成本和快速贬值的资产风险,存在“买不起用不起、更新跟不上产业”的问题。受资源约束的影响,继续教育智能制造实训无法达到同步产业技术的目标,实训效果大打折扣。

(三)供需精准度低,个性化需求难以满足

继续教育学员的学习背景和需求复杂,有新进企业员工,有需要提升专业技能的班组长、技术人员,有需要掌握整

收稿日期:2026-5-14

基金项目:本文系辽宁省成人教育学会2025—2026年度继续教育教学改革研究课题“数字孪生技术赋能继续教育智能制造泛在化实训教学模式研究与实践”(项目编号:LCYYB25029);辽宁省职业技术教育学会科研规划项目2024—2025年度课题“人工智能赋能高职智能制造专业‘产教智融’人才培养模式的研究与实践”(项目编号:LZYJY25226);2025年辽宁省自然科学基金面上项目(项目编号:2025-MS-289);2024年度辽宁省教育厅高校基本科研项目(项目编号:LJ212414076006);2025年度辽宁省教育厅高校基本科研项目(项目编号:LJ232514076002)。

作者简介:刘永刚(1983—),男,山东寿光人,辽宁开放大学(辽宁装备制造职业技术学院)副教授,研究方向:数字孪生、虚拟仿真、智能制造、职业教育。

条产线集成应用能力的技术管理人员。不同的学员在技术、能力和岗位需求上有不同的特点,传统实训教学多采用标准化课程、统一进度和相同实训内容的模式,难以满足学员学习的差异性,造成学了的用不上,想学的学不到的现象。

二、数字孪生技术赋能继续教育智能制造实训教学的理论基础

(一)数字孪生技术的核心特征与教育价值

随着物联网、大数据、云计算、三维建模等技术的发展,数字孪生技术在实时保真、实时同步以及双向交互等层面日益成熟。与传统仿真不同的是,数字孪生技术不是简单的物理实体的静态映射,而是物理实体与数字孪生体的动态映射。物理实体的运行状态、操作行为可以通过感知技术反馈给数字孪生模型,并且数字孪生模型的仿真操作以及工艺优化可以指导物理实体设备的运行。实现“虚控实、实馈虚”的双向闭环。

从继续教育实训教学角度看,数字孪生有以下教育价值,第一是不受时空限制,学员可以通过各种终端设备随时随地接入数字孪生进行实训,突破工学矛盾的时空约束;第二是降低试错成本,在数字孪生中进行实训操作时,不会导致实际的设备损坏、物料耗尽或发生安全事故,学员可以反复练习直至掌握核心技能“零风险试错”;第三是提高学习的体验感,通过还原物理设备的操作,运行环境和物理反馈,使虚拟实训更具实际性,提高技能学习效率。

(二)泛在化实训教学的内涵与数字孪生的内在契合性

“泛在学习”的概念就是任何人可以在任何时间、任何地点、任何终端都获得学习资源。泛在化实训教学是应用这一概念,并且能够适应继续教育在职学员的学习特点,其主要特点有四个方面。一是学习场景宽泛,工作现场、家庭、实训中心、上下班途中都可以作为实训的场所。二是学习实践的碎片化,实训中可以随时停止和继续,适应学员的零碎学习时间。三是学习终端可以选择PC端、移动端、VR/AR等设备进行学习。四是学习进度个性化,根据学员自身技能、学习能力和岗位需求自行定制实训内容与进度。

数字孪生技术和泛在化实训有逻辑内在一致性,一是数字孪生系统可在云平台或终端上实现在家学习,在线训练,不受时空与终端限制。二是虚拟环境可记录学员学习过程。三是数字孪生能通过虚实双向映射,实现“虚学实练,虚实互馈”。四是云平台可实现教师、企业导师、学员远程互动。

三、数字孪生技术赋能的继续教育智能制造泛在化实训教学模式构建

(一)“五维一体”技术架构设计

基于陶飞等提出的数字孪生五维模型,结合继续教育智能制造实训的教学需求、在职学员的学习特点与企业资源特征,构建物理实训空间、虚拟孪生空间、数据连接平台、服务应用系统、泛在访问终端的相互支撑、协同联动的“五维一体”泛在化实训教学技术架构,各维度功能与定位明确,形成闭环式技术支撑体系。

1. 物理实训空间,是企业生产的智能制造生产线,比如智能设备、数控机床、工业机器人、AGV等,通过校企共建共享的方式,将企业真实生产线、智能设备等接入到教学系统中,将实训资源与教学资源融合起来。

2. 虚拟孪生空间,是泛在化实训中设备的主要载体,采用三维软件Unity等建立与物理实体相同的三维模型,反映设备的几何形状、结构特点、模拟设备运动。虚拟孪生空间的操作界面与真实设备相同,工艺流程与真实产线设备相同。

3. 数据连接平台,是数字孪生系统的主要设施,实现物理

空间和虚拟孪生空间的数据连接。通过物联网网关、OPC、5G等方式实现物理设备的数据连接,同时将学员操作记录和虚拟模型仿真数据进行同步更新。平台具有低延迟、可靠、安全的特点。

4. 服务应用系统,是泛在化实训教学的重要部分,面向学员、教师、企业导师等用户实现实训教学的全流程管理。包含四大类模块,分别是学习资源管理模块,包括微课视频、三维模型、实训任务;操作训练模块,包括引导模式、考核模式两种实训模式;数据分析模块,包括记录操作轨迹、分析学习不足;协同指导模块,包括远程指导、多人协作、在线答疑。

5. 泛在访问终端,是学员接入数字孪生系统的终端,适应不同的场景,覆盖所有的终端。可以利用碎片时间,通过手机、平板等移动设备操作练习;深度学习场景,通过PC、VR/AR设备的操作、实现产线仿真实训;现场教学、集体实训场景可以是教师示范操作、多人讨论和实训。

(二)“虚实共生、两地协同、泛在可及”教学模式核心内涵

基于“五维一体”技术架构,结合继续教育的教学目标与在职学员的学习特点,构建“虚实共生、两地协同、泛在可及”的继续教育智能制造泛在化实训教学模式,三者相互关联、层层递进,形成适配产业需求的实训教学范式。

1. 虚实共生,实现物理实训与虚拟训练的有机融合,双向互通是实训教学模式的本质逻辑。“先虚后实、虚学实练、实馈虚优”是实训教学模式的基本思路,先在数字孪生空间进行设备操作,掌握相应的工艺流程并反复试错训练,在基本技能掌握之后,再进行物理实体设备的实训。在物理实体中产生的操作数据、故障数据等可以实时传达到虚拟模型中,通过数据评估学员的技能水平、找出操作短板,对虚拟训练进行指导和优化。

2. 两地协同:企业生产现场与高校实训中心的协同是实训教学模式的重要支撑。数字孪生的远程映射与数据同步可以实现企业出题、高校解题、学员答题的产教融合新生态。企业生产线的运行状态、生产问题可同步到高校实训中心,教师根据真实生产数据可以进行案例教学和设计实训任务,使得实训内容对接产业实际生产。学员在生产现场遇到工艺问题、设备故障等,可以在数字孪生中进行模拟验证和研究,教师和企业导师也可以在数字孪生中进行远程协同指导。

3. 泛在可及,打破时空局限,“人人皆学,时时可学,处处能练”,是实训教学模式的最终目的。基于云平台和泛在访问终端,不需要到现场,在通勤、午休、下班等时间,可以通过手机、平板等终端进入数字孪生系统,学习知识点以及简单的操作训练。复杂的技能训练,有条件的可以通过PC或者VR设备进行实训练习,并记录学员学习状态、行为、技能等,然后基于大数据进行推送个性化实训任务和学习资源。

(三)四阶段递进式教学流程设计

结合“虚实共生、两地协同、泛在可及”的教学模式,遵循在职学员的认知规律与技能形成规律,设计认知导入、虚拟训练、虚实衔接、岗位应用的四阶段递进式教学流程,各阶段目标明确、内容衔接、层层递进,形成“学习—训练—实操—应用”的闭环式技能培养体系,适配智能制造复杂技能的学习规律。

1. 认知导入,通过碎片实践学习,认识智能制造设备的基本组成、原理以及产线结构,了解一些基本的理论知识。

2. 虚拟训练,通过虚拟实训,了解智能制造设备的操作程序,参数调整和故障处理,养成良好的操作习惯,做到“零风险试错”。

3. 虚实衔接,实现物理实体操作验证,达到技能转化的目标。学员虚拟操作转化为物理实体操作是杜绝“纸上谈兵”,诊断虚实差距,提升技能水平的途径。

4. 岗位应用,产线实际落地,是学习闭环的目标,帮助学员用学习得到的技能解决岗位实际生产问题,实现“学用结合”,形成学习闭环。

四、结语

通过数字孪生技术的实施,为解决继续教育智能制造实训教学中的三高三难、工学矛盾、约束条件、供需错配等问题,提供技术路径和实践方向。提出的“五维一体”泛在化实训教学技术架构,为数字孪生技术实践于继续教育提供技术路径。针对继续教育在职学员学习特点和产业特点,提出的“虚实共生,两地协同,泛在可及”教学模式,为复杂智能制造技能实训提供技术路径,提出的“学—训—实—用”闭环技能教育体系,符合智能制造技术学习规律。随着人工智能、5G、边缘计算、AR/VR 等技术与数字孪生技术的深度融合,继续教育智能制造泛在化实训将向更广、更智能、更个性化、更深度的产教融合方向发展。将数字孪生技术应用到继续教育数字化转型中,有利于推动继续教育与装备制造业的深度协

同,通过持续完善数字孪生赋能的泛在化实训教学体系,为装备制造业转型升级不断培养高技能人才,助力经济发展。

参考文献:

- [1]周洋,杨俊伟. 数智化背景下现场工程师人才培养模式研究与实施——以机电一体化技术专业为例[J]. 造纸技术与应用,2025,53(5):72-75.
- [2]姜晓丽,袁基瑜,于鑫. 数智化赋能职业教育新质人才培养:意蕴、挑战与进路[J]. 成人教育,2025,45(4):78-84.
- [3]陈雪瑶. 职业教育服务全民终身学习的实践模式研究[J]. 学苑教育,2026(3):133-135.
- [4]崔铭香,潘格格. 继续教育赋能新质生产力发展:机理、困境与路径[J]. 成人教育,2026,46(3):8-15.
- [5]刘宝明,廖伟,汪志超,等. 数字孪生实训项目建设探索与实践[J]. 中国教育技术装备,2026(3):19-23.
- [6]李永湘,唐希,张萍,等. 数字孪生视域下工程实训教学评价体系研究[J]. 通讯世界,2026,33(1):103-105.
- [7]陶飞,刘蔚然,刘检华,等. 数字孪生及其应用探索[J]. 计算机集成制造系统,2018,24(1):1-18.

Research and Practice on the Ubiquitous Training Teaching Model of Continuing Education Intelligent Manufacturing Enabled by Digital Twin Technology

LIU Yong-gang, YAO Li-quan, WANG Xiao-lei

(Liaoning Open University / Liaoning Equipment Manufacture College, Shenyang Liaoning 110034, China)

Abstract: With the transformation and upgrading of intelligent manufacturing technology, continuing education and practical training teaching have long faced practical problems such as prominent contradiction between theory and practice, and scarcity of training resources. There are also “three high and three difficult” issues: “high investment, high loss, high risk, difficult implementation, difficult observation, and difficult reproduction”. To solve these challenging issues of continuing education in intelligent manufacturing training teaching, a physical entity virtual model based on digital twin technology is constructed to achieve data mapping, real-time interaction, and two-way feedback, and a “five-dimensional integrated” ubiquitous training teaching technical architecture is built. A teaching model of “virtual and real coexistence, two locations collaborating, and ubiquitous accessibility” is proposed, and a progressive teaching model of four stages — cognitive introduction, virtual training, virtual-real connection, and job application — is designed. The research results show that digital twin technology empowers continuing education in intelligent manufacturing training teaching, achieving a transformation of the teaching model from “timed and fixed location” to “ubiquitous accessibility”, providing theoretical guidance and path direction for the continuous cultivation of intelligent manufacturing skills talents in continuing education and the digital transformation of continuing education.

Key words: digital twin technology; continuing education; intelligent manufacturing; ubiquitous practical training

(责任编辑:范新菊)